

A kukorica (*Zea mays* L.) termése és növénydőlése száraz és csapadékos évjáratban csernozjom talajon

PEPÓ PÉTER

Debreceni Egyetem AMTC, Növénytudományi Intézet, Debrecen

Összefoglalás

Eltérő évjáratok és különböző agrotechnikai műveletek interaktív hatásait vizsgáltuk tartamkísérletben, csernozjom talajon a Hajdúságban (Kelet-Magyarország) kukoricánál. Száraz évjáratban a *Diabrotica virgifera virgifera* nem okozott növénydőlést, optimális vízellátottságú évjáratban viszont monokultúrás termesztésben jelentős megdőlés következett be. Bikultúra (búza-kukorica) és trikultúra (borsó-búza-kukorica) vetésváltásban *Diabrotica* által okozott szárdőlést nem lehetett tapasztalni. Monokultúrában a növekvő trágyaadagok mérsékeltek a *Diabrotica* miatti növénydőlés mértékét (kontroll kezelésben 37,2–41,1%, N₂₄₀+PK kezelésben 14,1–15,3%). Száraz évjáratban a kukorica maximális termése 4316–7998 kg/ha (nem öntözött), ill. 8586–10970 kg/ha (öntözött), kedvező évjáratban pedig 13787–14137 kg/ha (előző években nem öntözött), ill. 13729–14180 kg/ha (előző években öntözött) intervallumban változott vetésváltástól és trágyaadagtól függően. Száraz évjáratban a vetésváltás igen jelentős hatást gyakorolt a kukorica termésére, míg kedvező évjáratban ez a hatás mérsékelt volt (a monokultúrához viszonyított terméstöbblet bi- és trikultúrában 3390–3862 kg/ha, ill. 350–150 kg/ha).

Aszályos évjáratban az öntözés maximális terméstöbblete 4270 kg/ha (mono), 3264 kg/ha (bi) és 2681 kg/ha (trikultúra) volt. A kontroll kezelésben az öntözés hatására lényegesen kisebb terméstöbbletet (2525 kg/ha, 2155 kg/ha és 1436 kg/ha) kaptunk, ami a víz- és tápanyagellátás szoros kölcsönhatását bizonyította kukoricánál.

A trágyázás termésnövelő hatását alapvetően az évjárat vízellátása határozta meg, melyet a vetésváltás és öntözés módosított. Száraz évjáratban a trágyázás terméstöbblete 1282–3376 kg/ha, kedvező évjáratban 1838–4899 kg/ha között változott.

Az évjárat, mint abiotikus stressz módosította a különböző vetésváltási rendszerekben termesztett kukorica trágyaadag optimumát. Száraz évjáratban kisebb műtrágyaadagok bizonyultak optimálisnak (mono: $N_{120-180}+PK$; bi: $N_{180}+PK$; tri: $N_{60-180}+PK$), mint kedvező évjárat esetén ($N_{180}+PK$; $N_{180}+PK$; $N_{120-180}+PK$). Kísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy az időjárási stresszhatásokat megfelelő agrotechnikával (vetésváltás, trágyázás, öntözés) mérsékelni, de teljesen megszüntetni nem lehetett.

Kulcsszavak: kukorica, évjárat, agrotechnikai elemek, *Diabrotica*, termés

Yield and lodging of maize (*Zea mays* L.) in a droughty and wet crop year on chernozem soil

P. PEPÓ

University of Debrecen, Centre of Agricultural Sciences and Engineering,
Institute of Crop Sciences, Debrecen

Summary

We examined the interactive effects of different agrotechnical operations on maize in a long-term experiment in the Hajdúság (Eastern Hungary) on chernozem soil. In the dry crop year, *Diabrotica virgifera virgifera* did not cause lodging, whereas there was a significant lodging in the crop year with optimal water supply in monoculture. In biculture (wheat-maize) and triculture (peas-wheat-maize) crop rotation, we did not observe any lodging caused by *Diabrotica*. In monoculture, the increasing fertiliser doses reduced the extent of lodging caused by *Diabrotica* (37.2–41.1% in the control treatment, 14.1–15.3% in a fertiliser treatment $N_{240}+PK$). The maximum yield of maize was 4316–7998 kg ha⁻¹ (non-irrigated) and 8586–10970 kg ha⁻¹ (irrigated) in the dry crop year, whereas it was 13787–14137 kg ha⁻¹ (non-irrigated in the previous years) and 13729–14180 kg ha⁻¹ (irrigated in the previous years) in the favourable crop year, depending on the crop rotation and fertiliser doses. In the dry crop year, crop rotation had a significant effect on maize yield, whereas this effect was moderate in the favourable crop year (the yield surplus compared to monoculture was 3390–3862 kg ha⁻¹ and 350–150 kg ha⁻¹ in biculture and triculture).

In the droughty crop year, the maximal yield surplus caused by irrigation was 4270 kg ha⁻¹

(monoculture), 3264 kg ha⁻¹ (biculture) and 2681 kg ha⁻¹ (triculture). In the control treatment we obtained a significantly lower yield surplus (2525 kg ha⁻¹, 2155 kg ha⁻¹ and 1436 kg ha⁻¹) as a result of irrigation, which proves the close correlation of water and nutrient supply of maize.

The yield improvement effect of fertilisation was basically determined by crop year, which was modified by crop rotation and irrigation. In the dry crop year, the yield surplus caused by fertilisation was between 1282–3376 kg ha⁻¹, whereas in the favourable crop year, it was between 1838–4899 kg ha⁻¹.

Crop year – as an abiotic stress – modified the optimal fertiliser dose of maize produced in various crop rotation systems. In the droughty crop year, smaller fertiliser doses proved to be optimal (monoculture: N₁₂₀₋₁₈₀+PK; biculture: N₁₈₀+PK; triculture: N₆₀₋₁₈₀+PK) in comparison with the favourable crop year (N₁₈₀+PK; N₁₈₀+PK; N₁₂₀₋₁₈₀+PK). Our experimental results also proved that weather stress effects can be moderated by proper agrotechnical solutions (crop rotation, fertilisation, irrigation), but they could not be eliminated.

Key words: maize, crop year, agrotechnical elements, Diabrotica, yield

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A kukorica meghatározó jelentőségű gabonanövény mind a világon, mind Magyarországon. Hazánkban a kukoricát 1,1–1,2 millió ha-on termesztik (a szántóterület mintegy 25%-án). A termésátlagok pedig 4–7 t/ha között változnak részben az évjáráttól, részben az alkalmazott agrotechnikától függően. A kukorica termése jelentősen változik üzemi és tábla szinten egyaránt, amely e növény kifejezett érzékenységét mutatja az ökológiai és agrotechnikai tényezőkkel szemben (Pepó *et al.* 2006). Az agrotechnikai tényezők (a trágyázás, a biológiai alapok, a növényvédelem, a tőszám, az öntözés) meghatározó szerepet játszanak a kukorica terméseredményének kialakításában (Győrffy 1976, Nagy 1996, Sárvári és Szabó 1998, Pepó 2001). A kukorica nagy termőképessége csak megfelelő környezeti feltételek mellett érvényesül. Különösen fontosak az évjárat időjárási feltételei (csapadék mennyisége, megoszlása, hőmérséklet stb.), valamint a termesztés talajtani feltételei. Az időjárási tényezők kedvezőtlen hatása abiotikus stresszhatásként jelentkezik a kukorica vegetatív és generatív fejlődési szakaszaiban, ezáltal jelentősen csökkentve a termésmennyiséget (Ruzsányi 1990, Pepó *et al.* 2005, Hoffmann *et al.* 2007,

Plavsic et al. 2007). A globális klímaváltozás hatására a kedvezőtlen időjárási stresszhatások a jövőben még erőteljesebben befolyásolhatják a gazdasági növények termését (*Várallyay* 2007).

Az időjárási stressztényezők negatív hatását részben a megfelelő hibrid megválasztásával (*Pepó et al.* 2007), részben az agrotechnikai tényezők szakszerű alkalmazásával mérsékelni lehet. Az agrotechnikai tényezők közül determinatív hatású a kukorica tápanyag- és vízellátása. A kukorica harmonikus NPK ellátást igényel. A makroelemek közül meghatározó jelentőségű a nitrogén szerepe (*Berzsenyi* 1993, *Liang és Mac Kenzie* 1994, *Kovačević et al.* 2006, *Izsáki* 2007). Száraz évszázadokban döntő jelentőségű az öntözés a kukorica megfelelő termésszintjének biztosításában (*Ruzsányi* 1990, *Pepó et al.* 2008). A tápanyag- és vízellátás meghatározó hatását kisebb-nagyobb mértékben módosíthatja a vetésváltás, az állománysűrűség és a növényvédelem (gyomirtás, *Diabrotica*) hatékonysága (*Berzsenyi és Lap* 2006, *Berényi et al.* 2007).

A kukorica termesztéstechnológiájában az abiotikus és biotikus stressztényezők terméseredményre gyakorolt negatív hatását a biológiai és agrotechnikai elemek kölcsönhatásainak felhasználásával, azok optimalizálásával mérsékelhetjük (*Pepó et al.* 2007).

Anyag és módszer

A tartamkísérletet 1983-ban állítottuk be a Hajdúságban (Kelet-Magyarország) csernozjom talajon. A kísérleti terület talaja középkötött ($A_k=40$), közel semleges kémhatású ($pHKCl=6,46$). A csernozjom talaj humusztartalma 2,8%, a humuszréteg vastagsága átlagosan 80 cm. A talaj AL-oldható P_2O_5 tartalma közepes (130 mg/kg), az AL-oldható K_2O tartalma jó (240 mg/kg).

A polifaktoriális kísérlet kezelései:

- vetésváltás: monokultúra (kukorica), bikultúra (búza-kukorica), trikultúra (borsó-búza-kukorica),
- trágyakezelések: kontroll, alap dózis $N=60$ kg/ha, $P_2O_5=45$ kg/ha, $K_2O=45$ kg/ha, valamint az alap dózis kétszerese, háromszorosa és négyszerese,
- öntözés: nem öntözött és öntözött kezelések.

A 2007. vegetációs periódusban a vízhiánynak megfelelően 4×50 mm (200 mm) öntöző vizet juttattunk ki május eleje és június vége között. A kedvező időjárás eredményeként 2008. évben nem kellett öntözni. 2007. évben az amerikai kukoricabogár (*Diabrotica virgifera virgifera*) ellen monokultúrában

talajfertőtlenítést (Force 1,5 G 14 kg/ha) végeztünk, valamint állománypermetezést hajtottunk végre a mono-, bi- és trikultúra vetésváltási rendszerben (2007. július 17. Karate Zeon 5 CS 0,3 l/ha). 2008. évben talajfertőtlenítés (Force 1,5 G 14 kg/ha) történt mono- és bikultúrában, de állományvédekezést nem végeztünk. Az egyéb agrotechnikai elemek megfeleltek a korszerű kukoricatermesztés követelményeinek. A tartamkísérletünkben Reseda (PR 37M81) hibridet vetettünk. Az állománysűrűség mindhárom vetésváltásban 60 000 tő/ha volt.

Eredmények

A kukorica tenyészideje során hatalmas vegetatív és generatív tömegének képzéséhez igen nagy mennyiségű tápanyagot és vizet vesz fel. A kukorica tápanyag- és vízfelvételét számos ökológiai (időjárás, talaj), biológiai (hibrid) és agrotechnikai tényező (vetésváltás, talajművelés, trágyázás, tőszám, öntözés) befolyásolja. A kukorica nagy produkcióra képes, de az ökológiai stresszhatásokra kifejezetten érzékeny szántóföldi növény. Hajdúságban (Kelet-Magyarország), csernozjom talajon beállított tartamkísérletben két, igen jelentősen eltérő időjárású évjáratban (2007. és 2008. évek) vizsgáltuk a meteorológiai tényezők (abiotikus stresszfaktorok) és néhány fontos agrotechnikai művelet (vetésváltás, trágyázás, öntözés) interaktív hatásait. A 2007. év időjárása rendkívül kedvezőtlen volt a kukorica termésképződése szempontjából. A vegetációs periódus (1. táblázat) átlag hőmérséklete 2,0 °C-kal meghaladta a sokévi átlagot, a csapadék mennyisége pedig 61,3 mm-rel kevesebb volt. Különösen aszályos időjárás uralkodott a kukorica kritikus fenofázisaiban, a virágzáskor és a megtermékenyüléskor (június-július). Ezzel szemben a 2008. év időjárása a kukorica vegetatív és generatív fejlődése szempontjából optimálisnak tekinthető. Bár a tenyészidőszak hőmérséklete kissé meghaladta a sokévi átlagot (+0,6 °C), ugyanakkor igen kedvező volt a tenyészidő összes csapadékmennyisége (138,8 mm-rel több a sokévi átlagnál), valamint annak megoszlása (júniusban 140,1 mm, júliusban 144,9 mm).

A kukoricatermesztés hatékonyságát az abiotikus stressz (időjárás) mellett biotikus stresszhatások is veszélyeztetik. Ezek közül az egyik legfontosabb tényező a *Diabrotica virgifera virgifera* által okozott szárdőlés és egyéb károsítás. Mindkét vizsgálati évben felvételezéseket végeztünk a *Diabrotica* által okozott szárdőlés meghatározására (2. táblázat). A vetés előtt mindkét évben

1. táblázat. *A tenyészidőszak meteorológiai adatai*

	Ápr. (1)	Máj. (2)	Jún. (3)	Júl. (4)	Aug. (5)	Szept. (6)	Átlag (7)
Hőmérséklet °C (9)							Összesen (8)
30 éves átlag (10)	10,7	15,8	18,7	20,3	19,6	15,8	16,8
2007. év (11)	12,6	18,4	22,2	23,3	22,3	14,0	18,8
2008. év (12)	11,4	16,8	20,6	20,4	20,6	14,8	17,4
Csapadék (mm) (13)							
30 éves átlag (10)	42,4	58,8	79,5	65,7	60,7	38,0	345,1
2007. év (11)	3,6	54,0	22,8	39,7	77,6	86,1	283,8
2008. év (12)	74,9	47,6	140,1	144,9	34,2	42,2	483,9

Table 1. Meteorological data of vegetation period. (1) April, (2) May, (3) June, (4) July, (5) August, (6) September, (7) Average, (8) Total, (9) Temperature °C, (10) 30 year average, (11) 2007, (12) 2008, (13) Rainfall (mm).

2. táblázat. *Az évvárat és agrotechnikai műveletek hatása a kukorica Diabrotica virgifera virgifera által okozott növénydőlésre (%) (Debrecen, 2007–2008, csernozjom talaj)*

	Monokultúra (1)		Bikultúra (2)		Trikultúra (3)	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Nem öntözött (4)						
Ø	0	37,2	0	0	0	0
N ₆₀ +PK	0	39,4	0	0	0	0
N ₁₂₀ +PK	0	25,6	0	0	0	0
N ₁₈₀ +PK	0	26,5	0	0	0	0
N ₂₄₀ +PK	0	15,3	0	0	0	0
Öntözött (5)*						
Ø	0	41,1	0	0	0	0
N ₆₀ +PK	0	32,9	0	0	0	0
N ₁₂₀ +PK	0	27,6	0	0	0	0
N ₁₈₀ +PK	0	28,7	0	0	0	0
N ₂₄₀ +PK	0	14,1	0	0	0	0
SzD _{5%} (6)			8,2			

*Megjegyzés: 2007. évben 4×50 mm=200 mm öntözés, 2008. évben 0 mm öntözés.

Table 2. The effects of crop year and agrotechnical elements on the lodging by *Diabrotica virgifera virgifera* of maize (Debrecen, 2007–2008, chernozem soil). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) Triculture, (4) Non irrigated, (5) Irrigated, (6) LSD_{5%}. Note: in 2007 4×50 mm = 200 mm irrigation, in 2008 no irrigation.

talajfertőtlenítést alkalmaztunk. A *Diabrotica* által okozott növénydőlés mértékét alapvetően az évjárat és a vetésváltás határozta meg, amelyet a trágyaadagok módosítottak. Az aszályos, száraz 2007. év időjárása nem kedvezett a *Diabrotica* lárva kelésének és károsításának. 2007. évben egyik vetésváltási rendszerben sem tapasztaltunk növénydőlést. A 2008. év melegebb és főleg csapadékos időjárása kedvezett a *Diabrotica* lárvák fejlődésének és károsításának. Megdőlést azonban kizárólag a monokultúrás kezelésekben tapasztaltunk. A bikultúrában (búza elővetemény) és trikultúrában (borsó-búza elővetemények) *Diabrotica* kártétel nem fordult elő. A tápanyagellátás 2008. évben módosította a *Diabrotica* kártétel nagyságát. A növekvő trágyaadagok kedveztek a gyökérzet és a növény fejlődésének is, aminek hatására mérséklődött a növénydőlés. A kontroll kezelésben a szárdőlés 37,2–41,1%, a legnagyobb trágyaadag esetében ($N_{240}+PK$) 14,1–15,3% volt.

A tartamkísérletben a kukorica termését alapvetően az abiotikus stresszhatások (meteorológiai elemek) határozták meg (3. táblázat). A száraz 2007. évben természetes vízellátás esetében (nem öntözött kezelés) a kukorica termése monokultúrában 2685–4316 kg/ha, bikultúrában 6258–7706 kg/ha, trikultúrában 6716–7998 kg/ha között változott. Száraz évjáratban különösen fontos a megfelelő vetésváltás alkalmazása. Száraz évjáratban a biotikus stresszhatás (*Diabrotica* károsítása) ugyan nem jelentkezett, de annál jelentősebb termés-csökkenést okozott a vízhiány és a hőstressz. Nem öntözött viszonyok között – a termésmaximumokat figyelembe véve – a monokultúrához viszonyítva a bi-, ill. trikultúrában a terméstöbblet 3390 kg/ha és 3682 kg/ha volt. Öntözéssel a kukorica termését mindhárom vetésváltásban jelentősen növelni tudtuk. Öntözött kezelésben a kukorica termése monokultúrában 5210–8586 kg/ha, bikultúrában 8413–10 970 kg/ha, trikultúrában 8152–10 679 kg/ha között változott. A vetésváltási rendszerek közötti különbség öntözött feltételek között – szintén a termésmaximumokat figyelembe véve – 2384 kg/ha-ra (bi) és 2093 kg/ha-ra (tri) mérséklődött. Száraz évjáratban (2007. év) a kukorica termését öntözéssel nagymértékben növelni lehetett ugyan, de nem lehetett az optimális időjárású évjáratban (2008. év) kapott terméseredményeket elérni. Ez azt jelenti, hogy az abiotikus stresszhatásokat (időjárás) mérsékelni lehet, de kukorica esetében teljesen megszüntetni nem tudjuk. A száraz évjáratban a vízhiány mellett még öntözött körülmények között is a hőstressz hozzájárult a terméseredmény csökkenéséhez.

Kedvező időjárású évjáratban (2008. év) a kukorica terméseredménye minimális, nem szignifikáns mértékben különbözött a különböző vetésváltási rend-

szerekben, kivéve a monokultúra esetében a kontroll és a $N_{60}+PK$ kezelések Diabrotica általi megdőlés okozta termésnövekedését. 2008-ban öntözést nem kellett alkalmazni. A kukorica terméseredménye monokultúrában 9154–13 787 kg/ha (nem öntözött) és 8830–13 729 kg/ha (öntözött), bikultúrában 11 613–14 137 kg/ha (nem öntözött) és 12 314–14 152 kg/ha (öntözött), trikultúrában pedig 11 291–13 987 kg/ha (nem öntözött) és 10 874–14 180 kg/ha (öntözött) intervallumban változott. A vetésváltási rendszerek között – a termésmaximumok figyelembe vételével – a különbségek nem öntözve 350 kg/ha (bi) és 150 kg/ha (tri) volt, míg öntözött kezelésben 423 kg/ha (bi) és 451 kg/ha (tri) volt.

3. táblázat. Az évjárat és agrotechnikai műveletek hatása a kukorica terméseredményére (kg/ha) (Debrecen, 2007–2008, csernozjom talaj)

	Monokultúra		Bikultúra		Trikultúra	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(3)	(3)
	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Nem öntözött (4)						
Ø	2685	9154	6258	11613	6716	11291
$N_{60}+PK$	3465	11057	7012	13740	7998	13323
$N_{120}+PK$	4316	13494	7706	14137	7062	13987
$N_{180}+PK$	2691	13787	7096	14003	6802	13351
$N_{240}+PK$	2487	13058	6829	13688	6630	13423
Öntözött (5)*						
Ø	5210	8830	8413	12314	8152	10874
$N_{60}+PK$	7105	10827	9735	13709	10358	13576
$N_{120}+PK$	8449	12964	10970	14152	10679	13857
$N_{180}+PK$	8586	13729	9965	13859	9880	14180
$N_{240}+PK$	8007	13372	9189	13600	9918	13245
SzD _{5%} (6)			825			

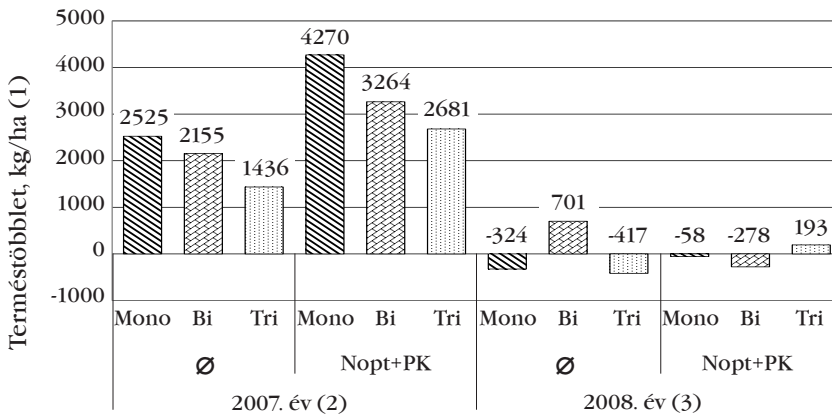
*Megjegyzés: 2007. évben 4×50 mm = 200 mm öntözés, 2008. évben 0 mm öntözés.

Table 3. Effects of crop year and agrotechnical elements on the yields of maize (Debrecen, 2007–2008, chernozem soil). (1) Monoculture, (2) Biculture, (3) Triculture, (4) Non irrigated, (5) Irrigated, (6) LSD_{5%}. Note: in 2007 4×50 mm = 200 mm irrigation, in 2008 no irrigation.

Száraz, aszályos évjáratban (2007. év) az öntözés terméstöbbletét részben a vetésváltás, részben a tápanyagellátás határozta meg (1. ábra). Az öntözés

termésnövelő hatása elsődlegesen megfelelő tápanyagellátás mellett érvényesült, vagyis szoros kölcsönhatást lehetett tapasztalni a tápanyag- és vízellátás között. 2007-ben a kontroll kezelésben az öntözés terméstöbblete 1436–2525 kg/ha, az optimális trágyakezelésben pedig 2681–4270 kg/ha között változott vetésváltástól függően. A talaj vízháztartása szempontjából legkedvezőtlenebb növénytermesztési rendszerben, a monokultúrában kaptuk az öntözés hatására a legnagyobb terméstöbbletet (2525–4270 kg/ha), míg a kisebb vízfogyasztású növényeket tartalmazó vetésváltási rendszerekben az öntözés termésnövelő hatása mérsékeltebb volt (bikultúrában 2155–3264 kg/ha, trikultúrában 1436–2681 kg/ha terméstöbblet öntözés hatására). A tartamkísérletünkben az öntözés utóhatásának a kukorica termésére nem volt szignifikáns hatása (-417 és +701 kg/ha terméskülönbségek a korábban nem öntözött és öntözött kezelések között).

1. ábra. Az öntözés* hatása a kukorica terméstöbbletére
(Debrecen, 2007–2008, csernozjom talaj)



*Megjegyzés: 2007. évben 4x50 mm= 200 mm öntözés, 2008. évben 0 mm öntözés.

Figure 1. Effects of irrigation on the yield surpluses of maize (Debrecen, 2007–2008 chernozem soil). (1) Yield surplus kg/ha, (2) 2007, (3) 2008. Note: in 2007 4×50 mm = 200 mm irrigation, in 2008 year 0 mm irrigation.

A kedvezőtlen abiotikus stresszhatások (időjárás) mérséklésében, valamint az optimális vízellátás termésnövelő hatásának realizálásában igen fontos szerepet játszik a kukorica megfelelő tápanyagellátása is (2. ábra). Kísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy száraz évjáratban (2007. év) a trágyázás

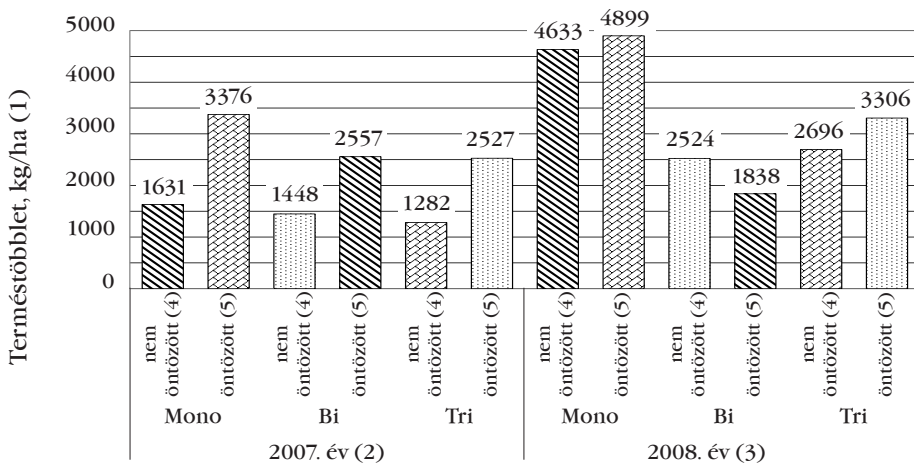
termésnövelő hatása mérsékeltebb volt, mint kedvező vízellátottságú évjáratban (2008. év). Száraz évjáratban a kontrollhoz viszonyítva a trágyázás hatására csak mérsékelt terméstöbbletet kaptunk (1282–1631 kg/ha vetésváltástól függően) nem öntözött viszonyok között. Az öntözött kezelésekben a trágyázás termésnövelő hatása lényegesen nagyobb, közel kétszerese volt a nem öntözöthöz viszonyítva (2527–3376 kg/ha terméstöbblet). A kedvezőtlen abiotikus stresszhatások (időjárás) mérséklésében, valamint az optimális vízellátás termésnövelő hatásának realizálásában igen fontos szerepet játszik a kukorica megfelelő tápanyagellátása is (2. ábra). Kísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy száraz évjáratban (2007. év) a trágyázás termésnövelő hatása mérsékeltebb volt, mint kedvező vízellátottságú évjáratban (2008. év). Száraz évjáratban a kontrollhoz viszonyítva a trágyázás hatására csak mérsékelt terméstöbbletet kaptunk (1282–1631 kg/ha vetésváltástól függően) nem öntözött viszonyok között. Az öntözött kezelésekben a trágyázás termésnövelő hatása lényegesen nagyobb, közel kétszerese volt a nem öntözöthöz viszonyítva (2527–3376 kg/ha terméstöbblet). Az optimális vízellátottságú évjáratban (2008. év) a trágyázás terméstöbbletét a vetésváltás jelentősen meghatározta. Kiemelkedően nagy terméstöbbletet kaptunk monokultúrában (4633–4899 kg/ha termésnövekedés a kontroll kezeléshez viszonyítva), de kedvező értékeket lehetett megállapítani bikultúrában (1838–2524 kg/ha terméstöbblet) és trikultúrában (2696–3306 kg/ha terméstöbblet) is. A kedvező vízellátottságú évjáratban kapott trágyázási terméstöbbletek különösen kedvezőek, ha figyelembe vesszük a kontroll termésszinteket (8,8–9,1 t/ha monokultúra; 11,6–12,3 t/ha bikultúra; 10,9–11,3 t/ha trikultúra), valamint a tartamkísérlet csernozjom talajának kiváló természetes tápanyag-szolgáltató képességét.

Száraz évjáratban (2007. év), nem öntözött viszonyok között a kukorica agronómiai igényét meghaladó, túlzott műtrágya adag ($N_{240}+PK$) nemcsak az optimális NPK kezeléshez képest csökkentette a termést, hanem – ilyen szélsőséges vízellátás esetén – a kontrollnál is kevesebb termést eredményezett (monokultúrában a kontroll kezelésben 2685 kg/ha, az $N_{240}+PK$ kezelésben 2487 kg/ha, trikultúrában pedig 6716 kg/ha, ill. 6630 kg/ha termés).

Az évjárat és az agrotechnikai tényezők (vetésváltás, öntözés) csernozjom talajon a kukorica optimális trágyaadagját interaktív módon befolyásolták (2. táblázat). Száraz évjáratban (2007. év) a kedvező vízellátottságú évjáratához (2008. év) viszonyítva a mérsékeltebb műtrágya adagok bizonyultak optimálisnak. Az optimális műtrágya adagot – adott évjáraton belül – alapvetően a vetés-

váltási rendszer határozta meg, melyet az öntözés módosított. Monokultúrában $N_{120-180}+PK$ (száraz év) és $N_{180}+PK$ (kedvező év), bikultúrában $N_{180}+PK$ (száraz év) és $N_{180}+PK$ (kedvező év), trikultúrában $N_{60-180}+PK$ (száraz év) és $N_{120-180}+PK$ (kedvező év) voltak az optimális trágyaadagok öntözési kezeléstől függően.

2. ábra. A trágyázás hatása a kukorica terméstöbbletére
(Debrecen, 2007–2008, csernozjom talaj)



*Megjegyzés: 2007. évben 4×50 mm = 200 mm öntözés, 2008. évben 0 mm öntözés.

Figure 2. Effects of fertilization on the yield surpluses of maize (Debrecen, 2007–2008). (1) Yield surplus kg/ha, (2) 2007 year, (3) 2008 year, (4) Non irrigated, (5) Irrigated. Note: in 2007 4×50 mm = 200 mm irrigation, in 2008 no irrigation.

Következtetések

A meteorológiai tényezők (abiotikus stressz) és az agrotechnikai műveletek (vetésváltás, trágyázás, öntözés) kölcsönhatását vizsgáltuk a kukorica agronómiai tulajdonságaira és termésére csernozjom talajon. Kísérleti eredményeink azt bizonyították, hogy száraz évjáratban (2007. év) a *Diabrotica virgifera virgifera* által okozott növénydőlés egyáltalán nem jelent meg, míg kedvező vízellátottságú évjáratban (2008. év) monokultúrában a megdőlés jelentős volt. A trágyaadagok növelésével a megdőlés mértéke jelentősen csökkent (kontroll kezelésben 37,2–41,1%, $N_{240}+PK$ kezelésben 14,1–15,3%). Bi- és trikultúrában *Diabrotica* által okozott megdőlés nem következett be. A kukorica termésmaxi-

muma nem öntözött feltételek mellett 4316–7998 kg/ha (száraz év) és 13 787–14 137 kg/ha (kedvező év) között változott vetésváltástól függően. Öntözött feltételek között a maximális termés száraz évjáratban 8586–10 970 kg/ha, optimális vízellátottságú évjáratban 13 729–14 180 kg/ha között változott. A vetésváltás terméseredményre gyakorolt hatása száraz évjáratban jelentős, míg kedvező vízellátottságú évjáratban mérsékelt volt. Nem öntözött feltételek között a monokultúrához viszonyított terméstöbblet bikultúrában 3390 kg/ha, trikultúrában 3682 kg/ha volt száraz évjáratban (2007. év), míg kedvező évjáratban (2008. év) 350 kg/ha (bikultúra) és 150 kg/ha (trikultúra) terméskülönbséget lehetett megállapítani. Száraz évjáratban az öntözés hatására mérséklődtek a vetésváltási rendszerek termésmaximuma közötti különbségek.

Aszályos évjáratban az öntözés maximális terméstöbblete 4270 kg/ha (mono), 3264 kg/ha (bi) és 2681 kg/ha (tri) volt. A víz- és tápanyagellátás szoros kölcsönhatását lehetett kimutatni száraz évjáratban. A kukorica terméstöbblete lényegesen kisebb volt a kontroll kezelésben (1436–2525 kg/ha), mint az optimális NPK kezelésben (2681–4270 kg/ha). A trágyázás termésmenövelő hatását az évjárat alapvetően meghatározta, melyet a vetésváltás és öntözés módosított. Száraz évjáratban a kontrollhoz viszonyított terméstöbblet 1282–1631 kg/ha (nem öntözött) és 2527–3376 kg/ha (öntözött) volt. Kedvező évjáratban a legnagyobb trágyázási terméstöbbletet monokultúrában (4633–4899 kg/ha) kaptuk, de jelentősek voltak a bikultúrában (1838–2524 kg/ha) és trikultúrában elért terméstöbbletek (2696–3306 kg/ha) is.

Az időjárás, mint abiotikus stressz módosította a különböző vetésváltási rendszerekben termesztett kukorica trágya optimumát. Száraz évjáratban kisebb műtrágya adagok [$N_{120-180}+PK$ (mono), $N_{180}+PK$ (bi), $N_{60-180}+PK$ (tri)] bizonyultak optimálisnak, mint kedvező vízellátottságú évben ($N_{180}+PK$; $N_{180}+PK$; $N_{120-180}+PK$). Rendkívül száraz évjáratban (2007. év) a kukorica termése a túlzott trágyaadagú kezelésekben a kontroll termésszintje alá süllyedt, ami ugyancsak a víz- és tápanyagellátás szoros kölcsönhatását bizonyítja a kukorica esetében.

Kedvező vízellátás esetén a csernozjom talaj kiváló tápanyag-szolgáltató képességgel rendelkezik. Tartamkísérletünkben (1983-ban állítottuk be) a kedvező időjárású 2008. évben a kontroll kezelésben 8,8–12,3 t/ha közötti terméseket értünk el vetésváltástól függően.

Tartamkísérleteink eredményei azt bizonyították, hogy az időjárás okozta abiotikus stresszhatásokat megfelelő agrotechnikával mérsékelni, de teljesen

megszüntetni nem lehetett. Száraz évjáratban csernozjom talajon (2007. év) optimális trágyázással és öntözéssel a kukorica termése 8586–10970 kg/ha, kedvező évjáratban (2008. év) pedig 13729–14180 kg/ha között változott. Az agrotechnikai műveletek optimális alkalmazása esetén az időjárási stressz okozta termés csökkenés csernozjom talajon 2–3 t/ha volt.

IRODALOM

- Berényi, S.–Vad, A.–Pepó, P.: 2007. Effects of fertilization and crop years on maize (*Zea mays* L.) yields in different crop rotations. *Cereal Research Communication*. 35. 2: 241–244.
- Berzsenyi Z.: 1993. Növényanalízis a kukoricatermesztési kutatásokban. Akadémiai doktori értekezés tézisei. Martonvásár.
- Berzsenyi Z.–Lap D. Q.: 2006. A növény szám hatásának vizsgálata különböző tenyészedejű kukorica (*Zea mays* L.) hibridek vegetatív és reprodukív szerveinek növekedésére Richard függvényrel. *Növénytermelés*. 55. 3–4: 17–23.
- Győrffy B.: 1976. A kukorica termésére ható növénytermesztési tényezők értékelése. *Agrártudományi Közlemények*. 35. 239–266.
- Hoffmann, S.–Debreczeni, K.–Hoffmann, B.–Berecz, K.: 2007. Grain yield of wheat and maize as affected by previous crop and seasonal impact. *Cereal Research Communication*. 35. 2: 469–472.
- Izsáki, Z.: 2007. N and P impact on the yield of maize in a long-term trial. *Cereal Research Communications*. 35. 4: 1701–1711.
- Kovačević, V.–Rastija, M.–Rastija, D.–Josipović, M.–Šepu, M.: 2006. Response of Maize to Fertilization with KCl on Gleysol of Sava Valley Area. *Cereal Research Communications*. 34. 2–3: 1129.
- Liang, B. C.–MacKenzie, A. F.: 1994. Corn yield, nitrogen uptake and nitrogen use efficiency as influenced by nitrogen fertilization. *Canadian Journal of Soil Science*. 74. 2: 235–240.
- Nagy, J.: 1996. Effects of tillage, fertilization, plant density and irrigation on maize (*Zea mays* L.) yields. *Acta Agronomica Hungarica*. 196. 2–3: 189–202.
- Pepó P.: 2001. A genotípus és a vetésváltás szerepe a kukorica tápanyagellátásában csernozjom talajon. *Növénytermelés*. 50. 2–3: 189–2002.
- Pepó P.–Vad A.–Berényi S.: 2005. Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére monokultúrás termesztésben. *Növénytermelés*. 54. 4: 317–326.
- Pepó, P.–Vad, A.–Berényi, S.: 2006. Effect of some agrotechnical elements on the yield of maize on chernozem soil. *Cereal Research Communications*. 34. 1: 621–624.
- Pepó, P.–Zsombik, L.–Vad, A.–Berényi, S.–Dóka, L.: 2007. Agroecological and management factors with impact on the yield and yield stability of maize (*Zea mays* L.) in different crop rotation. *Analele Universitatii Oradea, Facultatea de Protectia Mediului*. 13. 181–187.

- Pepó, P.–Vad, A.–Berényi, S.:* 2008. Effects of irrigation on yields of maize (*Zea mays* L.) in different crop rotation. Cereal Research Communication. 36. 3: 735–738.
- Plavšić, H.–Josipović, M.–Andrić, L.–Jambrović, A.–Sostarić, J.:* 2007. Influence of irrigation and fertilization on maize (*Zea mays* L.) properties. Cereal Research Communications. 35. 2: 933–936.
- Ruzsányi L.:* 1990. A növények elővetemény-hatásának értékelése vízháztartási szempontból. Növénytermelés. 40. 1: 71–77.
- Sárvári M.–Szabó P.:* 1998. A termesztési tényezők hatása a kukorica termésére. Növénytermelés. 47. 2: 213–221.
- Várallyay Gy.:* 2007. Láng István, Csete László és Jolánkai Márton (eds.): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok (VAHAVA Report). Agrokémia és Talajtan. 56. 1: 199–202.

A szerző levelezési címe – Address of the author:

Dr. Pepó Péter
Debreceni Egyetem AMTC
Növénytudományi Intézet
Debrecen
Böszörményi út 138.
H-4032